



**MEDICLIMA 2015**  
 STRATEGIE ENERGETICHE E AMBIENTALI IN AREA MEDITERRANEA  
*ambiente - comfort - clima - acustica - illuminazione*  
 il ruolo delle costruzioni nell'efficiamento energetico previsto dalla Roadmap 2050

## Prestazioni degli edifici in legno in area mediterranea: struttura, comfort e sostenibilità ambientale

**Relatori**  
 Prof. Barbara De Nicolò, Monica Valdés, Elena Agus, G. Concu, R. Riu, N. Trulli, Prof. P. Erlacher, Prof. M. Fragiaco, Prof. M. Marini, R. Baccoli, C. Mastino

**GTA** Gruppo Fisica Tecnica Ambientale  
**DICAAR** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E ARCHITETTURA  
**A** UNIVERSITÀ DI CAGLIARI

## I PROGETTI DELL'UNIVERSITÀ

### ANNO 2009 – FINANZIAMENTO RAS - ENTE FORESTE

*"Sviluppo di edifici sostenibili mediante l'uso del Legno Sardo"*

Progetto di ricerca Triennale

SOGGETTI ATTUATORI D.I.C.A.A.R. UNICA – D.A.D.U. UNISS

N. 1 BORSA TRIENNALE DI DOTTORATO DI RICERCA

Agnese Menis (Cagliari)

N. 1 ASSEGNO DI RICERCA

Nicoletta Trulli (Sassari)

## I PROGETTI DELL'UNIVERSITÀ

**ANNO 2010 - FINANZIAMENTO RAS Legge 7/2007**

***"Comportamento teorico-sperimentale sotto carichi orizzontali e verticali di pannelli mono e multistrato in legno"***

**Durata Progetto di ricerca 18 mesi**

**SOGGETTI ATTUATORI DICAAR UNICA – DADU UNISS**

**Con la collaborazione della TU di GRAZ**

**Trulli, Valdés, Riu, Fadda, Armas**

- **N. 1 ASSEGNO DI RICERCA:** Cristiano Armas (Cagliari)
- **N. 2 BORSE DI RICERCA :** Ljuba Sancin; Agnese Menis (Sassari)
- **N. 3 TESI DI LAUREA:** Diego Palmas; M. Luisa Fadda; M. Chiara Degortes;
- **N. 1 DOTTORATO DI RICERCA:** Elena Agus



Prof. Ing. Barbara De Nicolo

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## I PROGETTI DELL'UNIVERSITÀ

**ANNO 2014 – FINANZIAMENTO RAS – SARDEGNA RICERCHE**

**PROGETTI CLUSTER**

***"Utilizzo sostenibile del patrimonio forestale sardo nell'edilizia e nella produzione di energia – ED.EN.SO. (Energia, Edilizia Sostenibile)"***

**SOGGETTI ATTUATORI DICAAR UNICA – DADU UNISS – DIP. AGRARIA UNISS**

**Con la collaborazione del CNR IVALSA FIRENZE**

- **N. 2 ASSEgni DI RICERCA (DICAAR; DADU)**
- **N. 1 BORSA DI RICERCA SEMESTRALE (DIP. AGRARIA)**
- **N. 2 DOTTORATI DI RICERCA:** Maurizio Follesa; Riccardo Riu



Prof. Ing. Barbara De Nicolo

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## IDEA ALLA BASE DEI PROGETTI

### LA FILIERA CORTA DEL LEGNO

**Uso sostenibile delle foreste:** gli alberi sono **abbattuti e ripiantati** in modo da garantire una **conservazione o perfino un aumento della superficie forestata** nel tempo



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## CONSUMO DI ENERGIA NELL'EDILIZIA

- L'industria consuma
- L'industria mondiale
- I residui scaricati
- Le emissioni rappresentano



l'energia  
prime del  
nente in  
ostruzioni

La produzione di materiali per l'edilizia è ancora troppo legata all'uso di combustibili fossili

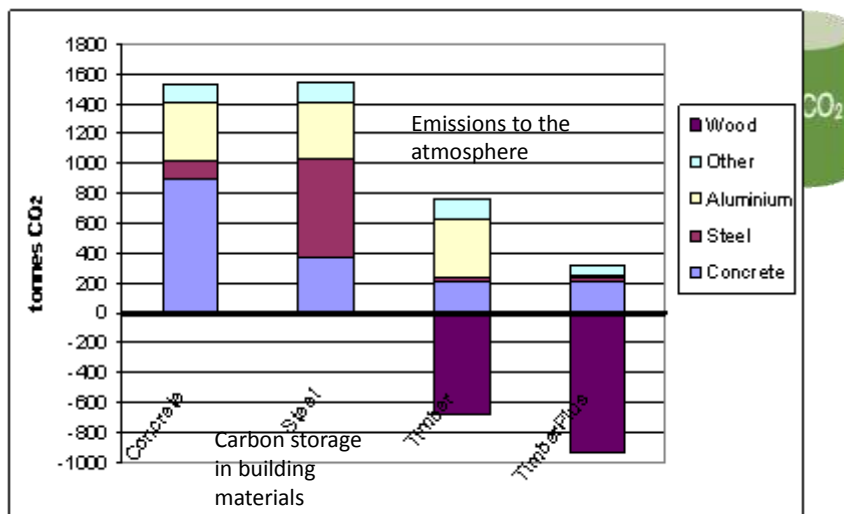


Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Perchè il legno come materiale da costruzione?



## In Italia viene tagliato solo il 30% della crescita annuale



**Prelievi legnosi (2007):**

**10 M m<sup>3</sup> (circa il 30%)**

di cui 65% legna da ardere

**35% legname da industria**

**Superficie forestale in aumento:**

5.5 M ha nel 1950

**10.4 M ha** nel 2000

(1/3 del territorio nazionale)

Tabella 1.1 - Estensione delle macrocategorie inventariali Bosco e Altre terre boscate, secondo FRA2000

| Distretto territoriale | Bosco           |        | Altre terre boscate |        | Superficie forestale totale |        | Superficie territoriale (ha) |
|------------------------|-----------------|--------|---------------------|--------|-----------------------------|--------|------------------------------|
|                        | superficie (ha) | ES (%) | superficie (ha)     | ES (%) | superficie (ha)             | ES (%) |                              |
| Piemonte               | 870 594         | 1.1    | 69 522              | 7.2    | 940 116                     | 1.0    | 2 539 983                    |
| Valle d'Aosta          | 98 439          | 3.1    | 7 489               | 21.4   | 105 928                     | 2.7    | 326 322                      |
| Lombardia              | 606 045         | 1.4    | 59 657              | 8.2    | 665 703                     | 1.2    | 2 386 285                    |
| Alto Adige             | 336 689         | 1.6    | 35 485              | 9.9    | 372 174                     | 1.3    | 739 997                      |
| Trentino               | 375 402         | 1.4    | 32 129              | 10.3   | 407 531                     | 1.1    | 620 690                      |
| Veneto                 | 397 889         | 1.7    | 48 967              | 8.3    | 446 856                     | 1.4    | 1 839 122                    |
| Friuli V.G.            | 323 832         | 1.7    | 33 392              | 9.9    | 357 224                     | 1.3    | 785 648                      |
| Liguria                | 339 107         | 1.5    | 36 027              | 9.5    | 375 134                     | 1.1    | 542 024                      |
| Emilia Romagna         | 563 263         | 1.4    | 45 555              | 8.5    | 608 818                     | 1.2    | 2 212 309                    |
| Toscana                | 1 015 728       | 1.0    | 135 811             | 4.9    | 1 151 539                   | 0.7    | 2 299 018                    |
| Umbria                 | 371 574         | 1.4    | 18 681              | 13.4   | 390 255                     | 1.2    | 845 604                      |
| Marche                 | 291 394         | 1.8    | 16 682              | 12.8   | 308 076                     | 1.6    | 969 406                      |
| Lazio                  | 543 884         | 1.4    | 61 974              | 7.3    | 605 859                     | 1.2    | 1 720 768                    |
| Abruzzo                | 391 492         | 1.5    | 47 099              | 7.6    | 438 590                     | 1.3    | 1 079 512                    |
| Molise                 | 132 562         | 2.9    | 16 079              | 14.2   | 148 641                     | 2.3    | 443 765                      |
| Campania               | 384 395         | 1.9    | 60 879              | 7.3    | 445 274                     | 1.5    | 1 359 025                    |
| Puglia                 | 145 889         | 3.4    | 33 151              | 10.0   | 179 040                     | 2.6    | 1 936 580                    |
| Basilicata             | 263 098         | 2.4    | 93 329              | 5.6    | 356 426                     | 1.5    | 999 461                      |
| Calabria               | 468 151         | 1.8    | 144 781             | 4.6    | 612 931                     | 1.1    | 1 508 055                    |
| Sicilia                | 266 303         | 2.7    | 81 868              | 6.2    | 348 171                     | 1.9    | 2 570 282                    |
| Sardegna               | 583 472         | 2.0    | 629 778             | 1.8    | 1 213 250                   | 0.8    | 2 408 989                    |
| Italia                 | 8 759 200       | 0.4    | 1 708 333           | 1.3    | 10 467 533                  | 0.3    | 30 132 845                   |



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Vantaggi (ambientali ed economici):

- **Valorizzazione economica delle foreste grazie all'utilizzo del legno in moderni componenti strutturali** invece che (solo) come legna da ardere
- **Possibilità di aumentare la superficie forestale con un sicuro beneficio di tipo paesaggistico e interessanti sviluppi nel settore turistico**
- La filiera corta del legno potrà contribuire ad **una ripresa economica ed occupazionale (dal settore forestale a quello edile)**
- **I residui della produzione** delle tavole (ramaglia, corteccia, segatura, ecc.) possono essere **utilizzati come biomassa** per la produzione di energia



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

### Alcuni vantaggi del legno:

- Sostenibilità (ridotte emissioni di CO<sub>2</sub> e di energia necessaria alla produzione)
- Elevato rapporto resistenza-peso
- Gradevolezza estetica

### Alcuni svantaggi del legno:

- Durabilità (se non protetto dall'acqua)
- Costo (talvolta più elevato)
- Anisotropia (problemi nei nodi strutturali)
- Ridotto modulo elastico (vibrazioni, frecce)
- Combustibilità (ma non necessariamente ridotta resistenza all'incendio)

### Rapporto resistenza-peso

| PROPRIETA'                                      | LEGNO    | ACCIAIO    | CALCESTRUZZO |
|-------------------------------------------------|----------|------------|--------------|
| Resistenza $f_d$ [MPa]                          | 16 (C30) | 239 (S275) | 20 (Rck 35)  |
| Peso specifico $\gamma_m$ [daN/m <sup>3</sup> ] | 600      | 7850       | 2400         |
| Rapporto $\gamma_m/f_d$                         | 37       | 33         | 120          |

- Strutture in legno sono **leggere** (come l'acciaio) – pesano meno di 1/4 di quelle in cls
- **Leggerezza** requisito **importante** per: montaggio e trasporto più rapidi ed economici, ridotta azione sismica, fondazioni più semplici ed economiche

## Resistenza al fuoco

Il **legno brucia** ma con velocità controllata (0.7 mm/min), ed è **isolante**, quindi trasmette il calore con velocità ridotta



## Resistenza al fuoco

- **Sezioni grandi** (>90 mm) di legno hanno **buona resistenza al fuoco**
- **Sezioni piccole** (<90 mm) di legno vanno **protette** con pannelli di gesso, ecc.
- **Connessioni** con **piastre metalliche protette** o piastre in legno hanno **buona resistenza al fuoco**



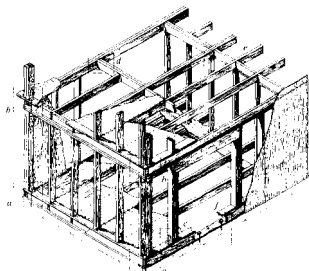
- **Connessioni** con **piastre metalliche esposte** o **barre incollate** vicine al bordo hanno **bassa resistenza al fuoco**

## Sistemi costruttivi

- A telaio leggero (lightframe)
- A pannelli in legno lamellare incrociato (Xlam)
- A pareti incastrate alla base
- A telai e pareti precomprese
- Ibridi (con diversi sistemi/materiali)

## Sistema a telaio leggero

- Adatto per edifici con molte pareti e con solai di luce piccola
- Max: 5-8 piani
- Alta dissipazione energetica ma con danno significativo al termine di un terremoto



## l'edificio di sei piani di Wellington (Nuova Zelanda)



Tempi:

- 4 mesi per la realizzazione delle fondazioni in cemento armato
- 5 mesi per la realizzazione della parte in elevazione in legno

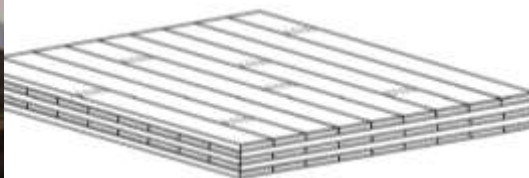
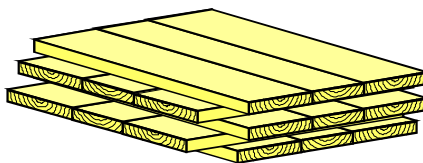


Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Sistema a pannelli Xlam

Si basa sull'uso di **pannelli prefabbricati costituiti da più strati di tavole**, con gli strati adiacenti incollati ortogonalmente.



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Sistema a pannelli Xlam

- Adatto per edifici con molte pareti e con solai di luce media
- Max: 7-9 piani
- Dissipazione media di energia con danno molto limitato al termine di un evento sismico



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

I **pannelli prefabbricati** di legno '**xlam**' vengono **utilizzati** per la costruzione di **edifici residenziali pubblici e privati**, e per **strutture di servizio (annessi di impianti sportivi, locali ristorazione, vedette antincendio, arredi urbani etc.)**



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Sistema a pannelli Xlam

La tecnologia ha i seguenti **vantaggi**:

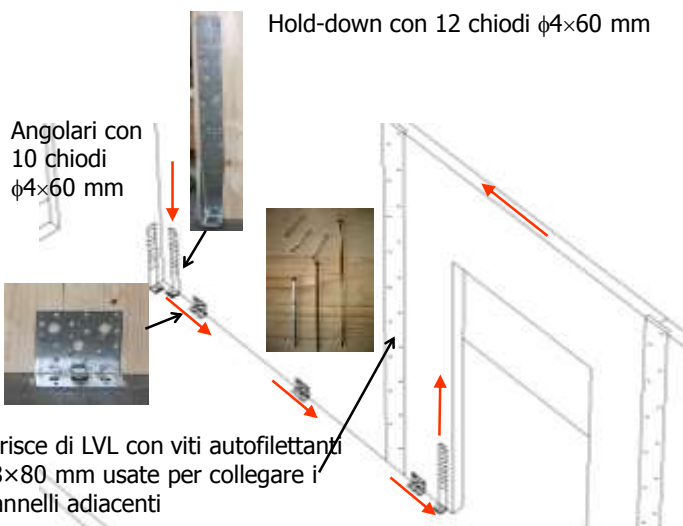
- **possibilità di utilizzare tavole classificate di qualità medio-bassa** (quali quelle di legno Sardo)
- **rapidità e semplicità di costruzione**, molto più che con strutture in cemento armato e in muratura



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Sistema a pannelli Xlam



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Sistema a pannelli Xlam

Un esempio: l'edificio Murray Grove di nove piani a Londra (UK)

Alcuni numeri:

realizzazione struttura lignea in 9 settimane

300 t di emissioni di CO<sub>2</sub> risparmiate

costo di costruzione: 1.700 €/mq

prezzo di vendita: 9.580 €/mq



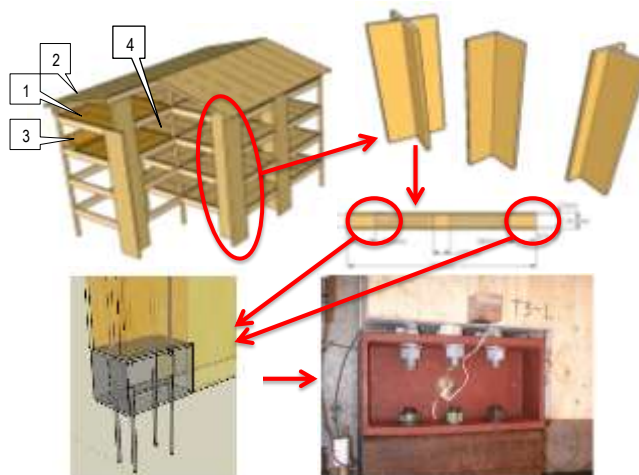
Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Sistema a pareti incastrate

- Adatto per edifici con open spaces
- Max: 4-5 piani
- Bassa dissipazione energetica



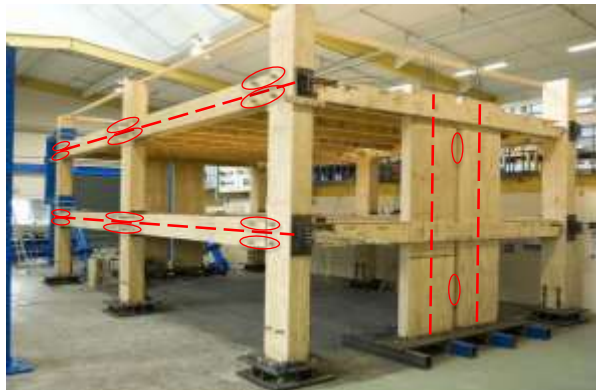
Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Telai/pareti precomprese

- Adatto per edifici con open spaces
- Max: 4-5 piani
- Media dissipazione energetica con danno ridotto al termine dell'evento sismico



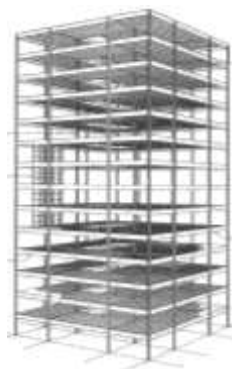
## Telai/pareti precomprese

Solai composti legno-calcestruzzo semiprefabbricati per luci medio-grandi



## Sistemi ibridi

- Uso del legno per i carichi verticali, altri materiali per i carichi orizzontali
- Adatto per edifici con open spaces
- Max: 10-15 piani
- Dissipazione energetica e danneggiamento dipendenti dal tipo di controvento



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## LE PRIME ESPERIENZE IN SARDEGNA

### Il caso Bacu Abis

Bacu Abis è un villaggio minerario che intorno agli anni Quaranta del secolo scorso, fu oggetto di una operazione edilizia da parte dell'Ufficio Tecnico dell'Istituto Case Popolari che progetta il complesso lineare delle vie Cogne e della Libertà.

L'intervento è costituito da 32 edifici, distinti in 5 tipologie per complessivi 154 alloggi.

La maggior parte degli edifici (24) è costituito da palazzine di due piani, con due alloggi per piano, e copertura a padiglione che si ripetono serialmente ad intervalli regolari lungo i due lati del viale della Libertà.



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Fenomeni di subsidenza

L'agglomerato è interessato da fenomeni di dissesto geologico



GTA 07/05/2012

Ottobre 2008:

cedimento del controsoffitto di un'abitazione

Apertura improvvisa di una voragine in un parco vicino

### **attenzione dei media**

Intervento urgente di AREA per la messa in sicurezza degli edifici .

- demolizione e ricostruzione di 6 palazzine da 4 alloggi ciascuna
- recupero degli altri edifici;
- interventi di consolidamento del terreno



GTA Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## La proposta

Impegno a realizzare in **cento giorni** un edificio classificabile come consumi energetici in **classe A** con l'impiego del sistema a pannelli di legno lamellare incrociato (X-Lam)



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

Durata della realizzazione della struttura portante (esclusa la platea di fondazione)

**9 giornate lavorative**



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea



Precisione di montaggio



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea



Alcune fasi dell'intervento



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea



GTA

Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

- Copertura realizzata con travi in legno lamellare e tavolato di perline da 2 cm
- Isolamento termico a piano di sottotetto
- Manto di copertura di tegole.



GTA

Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## L'edificio dopo dieci giorni di lavoro



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## L'edificio concluso

**Vecchio**



**Nuovo**



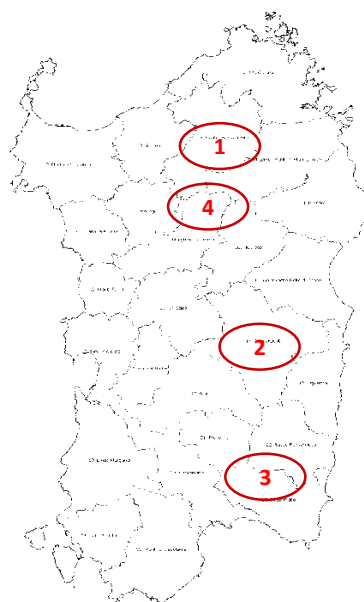
Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

**PINO MARITTIMO:** sono stati individuati quattro popolamenti della Sardegna

1. Monte Olia – Limbara (Olbia – Tempio)
2. Lanusei – (Ogliastra)
3. Sette Fratelli (Cagliari)
4. Pattada (Sassari)



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna



### FASE 1

Scelta delle piante di Pino Marittimo nei siti 1-2-3 con la collaborazione **dell'Ente Foreste** (2010) e nel sito 4 (2014) con la collaborazione del **Dipartimento di Agraria** e del **Comune di Pattada**

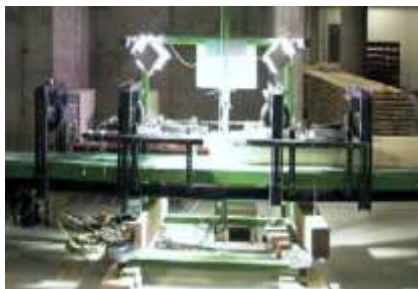


Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna



### FASE 2

Classificazione (a vista e a macchina) e caratterizzazione del materiale con prove (distruttive e non) effettuate **all'Università di Graz e poi al DICAAR** (2011) e presso il **CNR Ivalsa** (in corso)



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

Il legno è un materiale naturale caratterizzato da elevata variabilità non soltanto fra specie legnose, provenienze geografiche ed alberi diversi, ma anche fra segati provenienti da uno stesso albero.

Per poterlo impiegare razionalmente ed efficacemente il legno deve essere selezionato in funzione delle esigenze che deve assolvere

Per usi strutturali



Resistenza meccanica e Rigidezza.

L'aspetto estetico non è rilevante



**CLASSIFICAZIONE**



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

A parità di alcune condizioni (umidità, temperatura del legno, sollecitazione applicata, etc), le proprietà meccaniche del legno dipendono dalla specie legnosa e da caratteristiche che riducono la resistenza:

- Anomalie e difetti: nodi, deviazione della fibratura, fessurazioni, alterazioni causate da funghi e insetti, etc
- Caratteristiche anatomiche riferite alla microstruttura e macrostruttura del legno: spessore degli anelli di accrescimento che influisce sulla massa volumica

Norme di riferimento:

**DIN 4074 (tedesca)**

BS 4978 (inglese)

UNI 11035-1/2 (italiana)

etc.



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

**TU – Graz**

Analisi dei nodi e delle sezioni



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

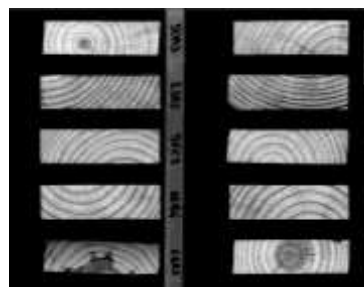
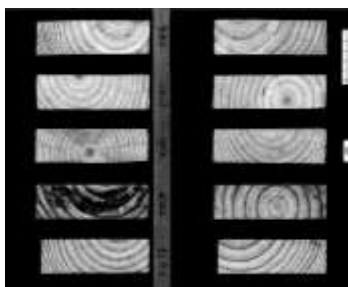
## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

TU – Graz

Scansioni delle teste delle tavole

Rapidità di accrescimento e posizione della tavola rispetto al midollo



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

TU – Graz

**Prove igrometriche**



Umidità percentuale legno



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

**TU – Graz**

Prove ultrasoniche - SYLVATEST

Onda ultrasonica a bassa frequenza attraversa il materiale parallelamente alla fibratura: tempo di percorrenza (correlato alla velocità e al Modulo di Elasticità dinamico).



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

**TU – Graz**

Prove di trazione – Misura del Modulo di Elasticità Statico



Dott. Ing. Monica Valdés

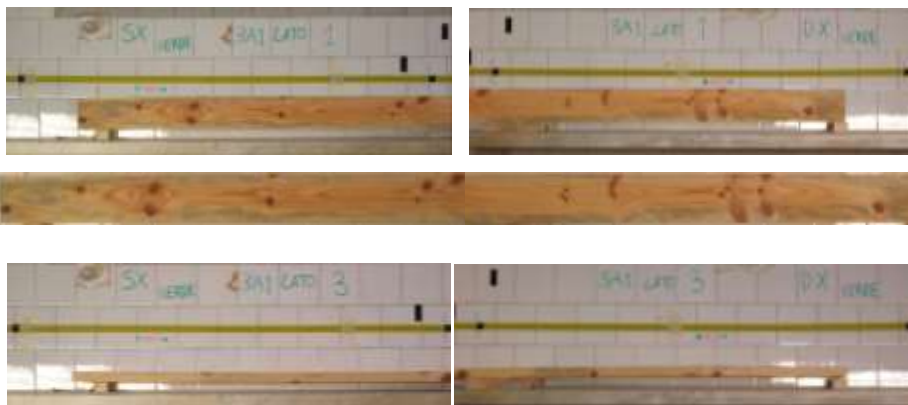
MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

DICAAR - Cagliari

Fotografia delle facce delle tavole



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

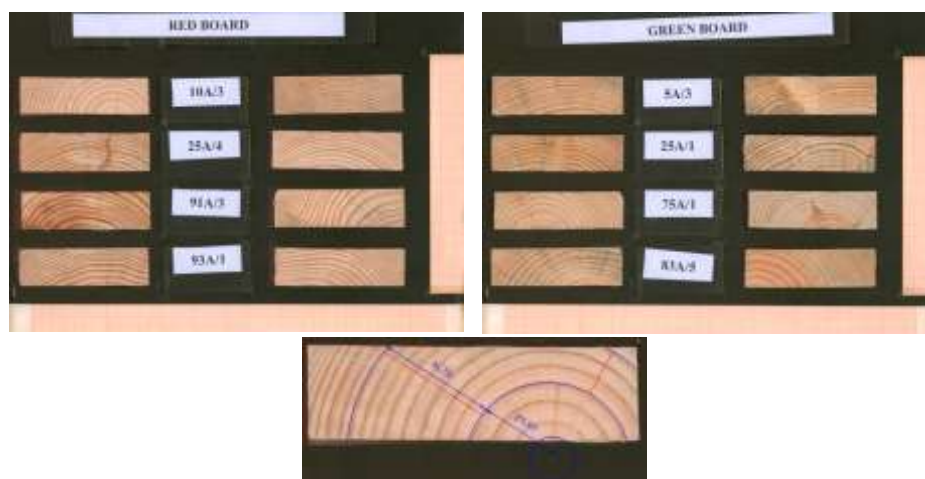
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

DICAAR - Cagliari

Scansioni delle teste delle tavole



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

**DICAAR - Cagliari**

### CLASSIFICAZIONE

Densità e Massa Volumica



Deformazioni delle tavole: arcuatura, falcatura, imbarcamento e svergolamento



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

**DICAAR - Cagliari**

### CLASSIFICAZIONE

Prove ultrasoniche – Modulo Elastico Dinamico



Strumentazione appositamente messa a punto e assemblata dal DICAAR della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### CLASSIFICAZIONE

**DICAAR - Cagliari**

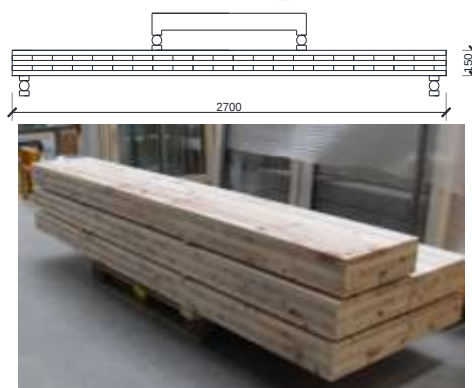
Prove di trazione sulle tavole – Modulo Elastico Statico



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna



### FASE 3

Realizzazione dei primi prototipi di pannello in X-Lam e prime prove di flessione per la caratterizzazione del pannello effettuate **all'Università di Graz** (2012) .

ulteriori prove presso **il Laboratorio del DICAAR**



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

**TU – Graz**

### PRODUZIONE PANNELLI CLT

- Piallatura delle tavole;
- Taglio;
- Stesura della colla;
- Assemblaggio pannello;
- Pressa.



Produzione di ulteriori pannelli a fine 2015



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

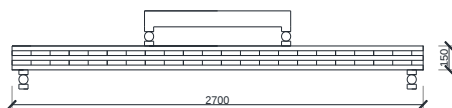
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

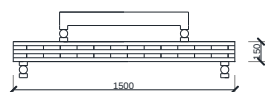
**TU – Graz**

### PRIMI TEST SUI PANNELLI CLT

- Prove di flessione su 4 punti (EN 408):



- Prove di rolling shear su 4 punti



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015

Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## Progetto Filiera corta Sardegna

### FASE 4

Procedura per ottenere il CIT e quindi poter essere impiegato nelle costruzioni.

### Avvio della produzione



Dott. Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

## CONCLUSIONI

### Pino marittimo Sardo:

- proprietà meccaniche medio – basse
- buone prospettive di impiego nella realizzazione di pannelli in CrossLam
- necessità di estendere la sperimentazione



Ing. Monica Valdés

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea



## ***Il comportamento termoigrometrico degli edifici in legno nel clima Mediterraneo***

Relatore  
Dott. Ing. Elena Agus



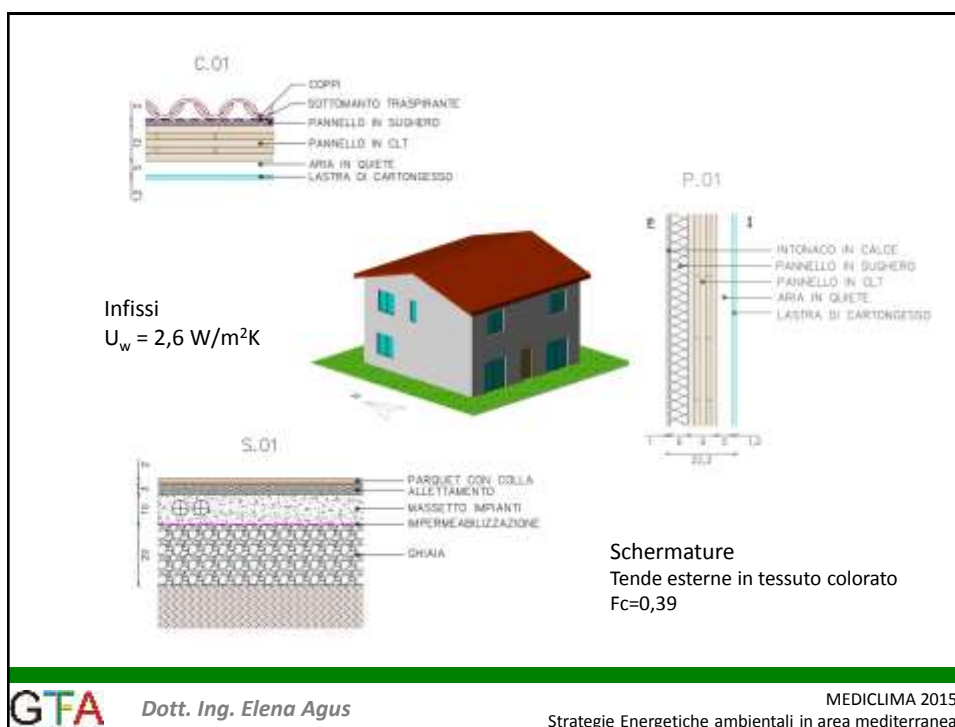
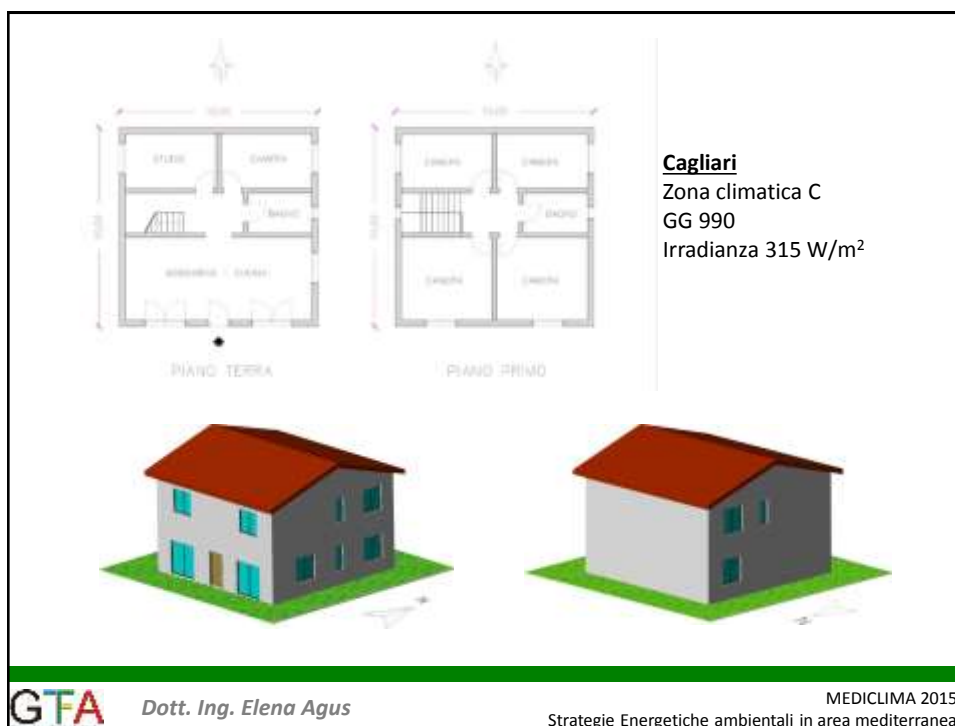
Ing. Elena Agus  
elena.agus@tiscali.it

Studiare il comportamento termico e igrometrico degli edifici con struttura portante in CLT realizzate nei Paesi con clima Mediterraneo dove la difficoltà principale è la protezione dal caldo estivo.



Dott. Ing. Elena Agus

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea



|                                    |                                                                                   |                                                                |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| DPR 59/2009 - Articolo 4, comma 2  | $E_{p_i} < E_{p_i \text{ limite}}$                                                | Dipende dai GG della località e dal rapporto S/V               |
| DPR 59/2009 - Articolo 4, comma 3  | $E_{p_e \text{ involucro}}$                                                       | $< 30 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$                              |
| DPR 59/2009 - Articolo 4, comma 18 | $M_s \text{ pareti}$<br><i>oppure</i><br>$Y_{ie} \text{ pareti opache verticali}$ | $> 230 \text{ kg/m}^2$<br>$< 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$       |
| DPR 59/2009 - Articolo 4, comma 18 | $Y_{ie} \text{ strutture orizzontali o inclinate}$                                | $< 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$                                 |
| DPR 59/2009 - Articolo 4, comma 17 | Condensa                                                                          | Verifica dell'assenza di condensa superficiale e interstiziale |
| DPR 59/2009 - Articolo 4, comma 19 | Sistemi schermanti esterni                                                        | Obbligo di installazione di sistemi schermanti esterni         |

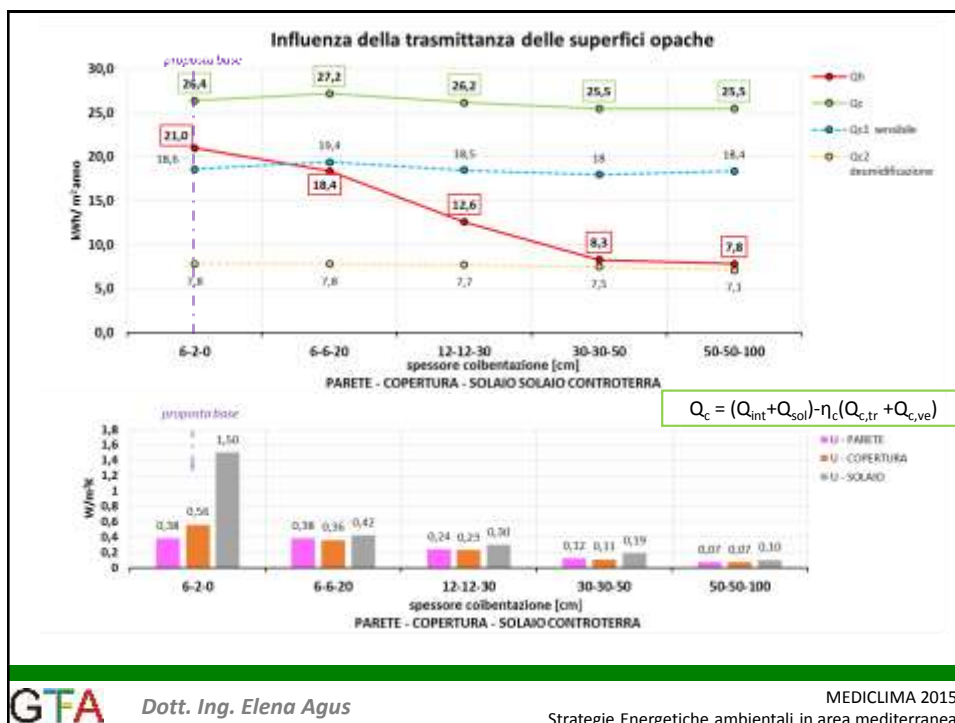
| Cagliari       |              |
|----------------|--------------|
| Zona climatica | C            |
| GG             | 990          |
| S/V            |              |
| $\leq 0,2$     | 14,32        |
| <b>0,67</b>    | <b>39,33</b> |
| $\geq 0,9$     | 51,57        |

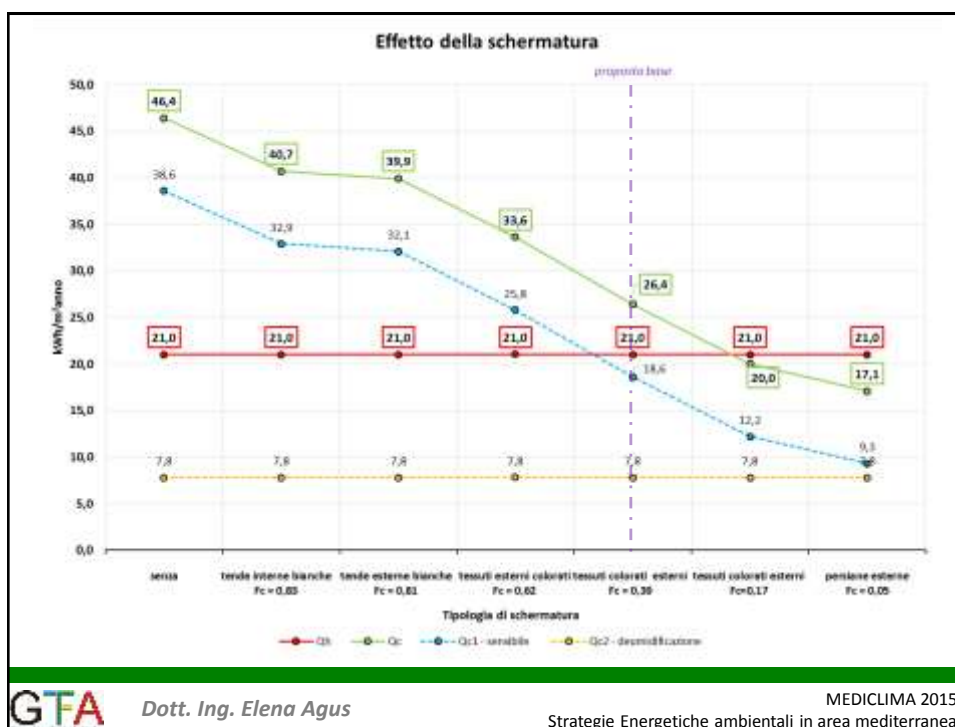
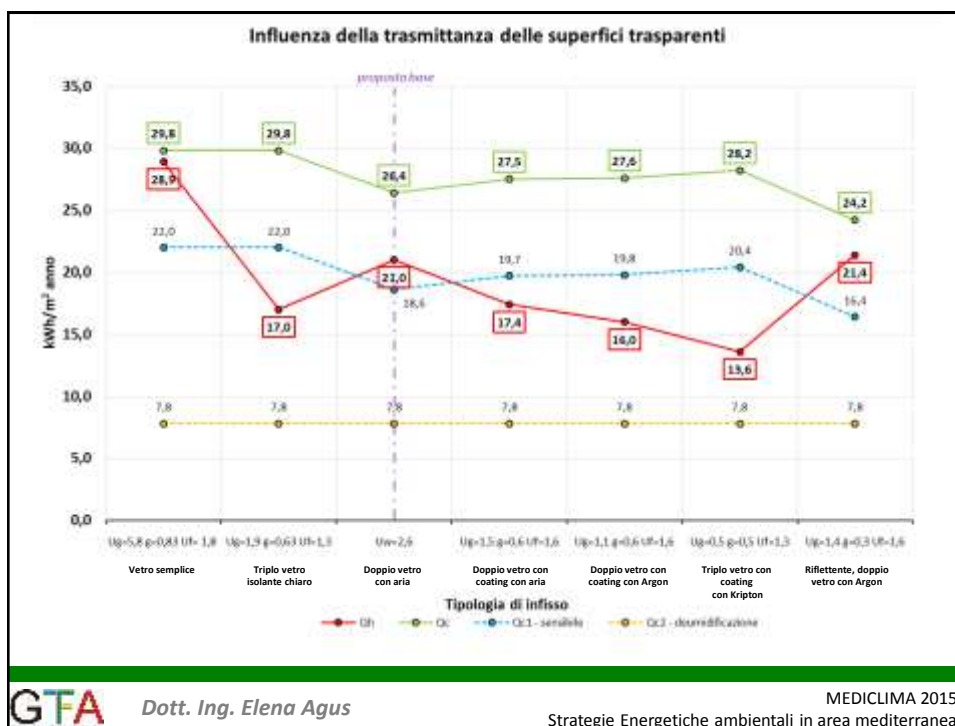
| Cagliari                             |              |
|--------------------------------------|--------------|
| $E_{p_i \text{ limite}}$             | 39,33        |
| $\eta \text{ globale}$               | 0,9          |
| $E_{p_i \text{ involucro "limite"}}$ | <b>35,39</b> |

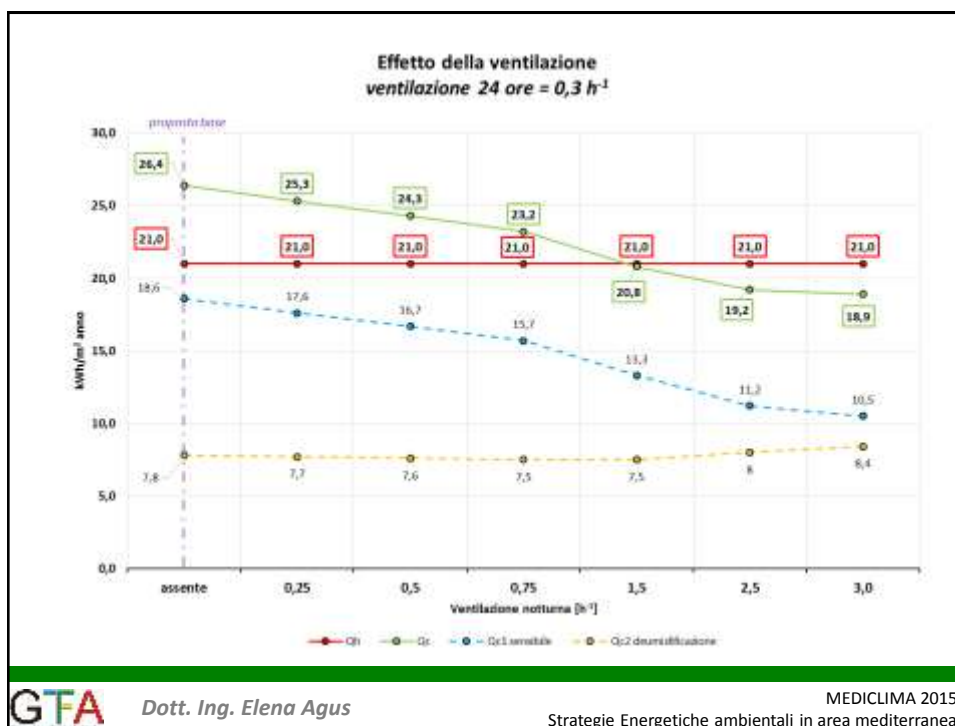
|                                |                                                                                          |                                                                                           | VERIFICA             |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| DPR 59/2009<br>Art. 4 comma 2  | Fabbisogno termico per il riscaldamento < Fabbisogno termico per il riscaldamento limite | <b>21,00 kWh/m<sup>2</sup> anno</b> < 35,39 kWh/m <sup>2</sup> anno                       | POSITIVA             |
| DPR 59/2009<br>Art. 4 comma 3  | $E_{p_e \text{ involucro}}$                                                              | <b>18,6 kWh/m<sup>2</sup> anno</b> < 30 kWh/m <sup>2</sup> anno                           | POSITIVA             |
| DPR 59/2009<br>Art. 4 comma 18 | $M_s \text{ parete}$<br><i>oppure</i><br>$Y_{ie} \text{ parete}$                         | $77,61 < 230 \text{ kg/m}^2$<br>$0,12 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ | NEGATIVA<br>POSITIVA |
|                                | $Y_{ie} \text{ copertura}$                                                               | $0,17 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$                                 | POSITIVA             |
| DPR 59/2009<br>Art. 4 comma 17 | Condensa                                                                                 | Verifica dell'assenza di condensa superficiale e interstiziale                            | POSITIVA             |
| DPR 59/2009<br>Art. 4 comma 19 | Sistemi schermanti esterni                                                               | Obbligo di installazione di sistemi schermanti esterni                                    | POSITIVA             |

## STRATEGIE DI PROGETTAZIONE

1. Diminuzione della trasmittanza dei componenti opachi orizzontali e verticali al limite di legge per gli edifici sottoposti a ristrutturazione
2. Ulteriore diminuzione della trasmittanza dei componenti opachi con soluzioni molto più performanti
3. Diminuzione della trasmittanza dei componenti vetrati
4. Maggiore schermatura degli infissi
5. Ventilazione notturna
6. Aumento della capacità termica areica interna
7. Colorazione chiara delle superfici esterne

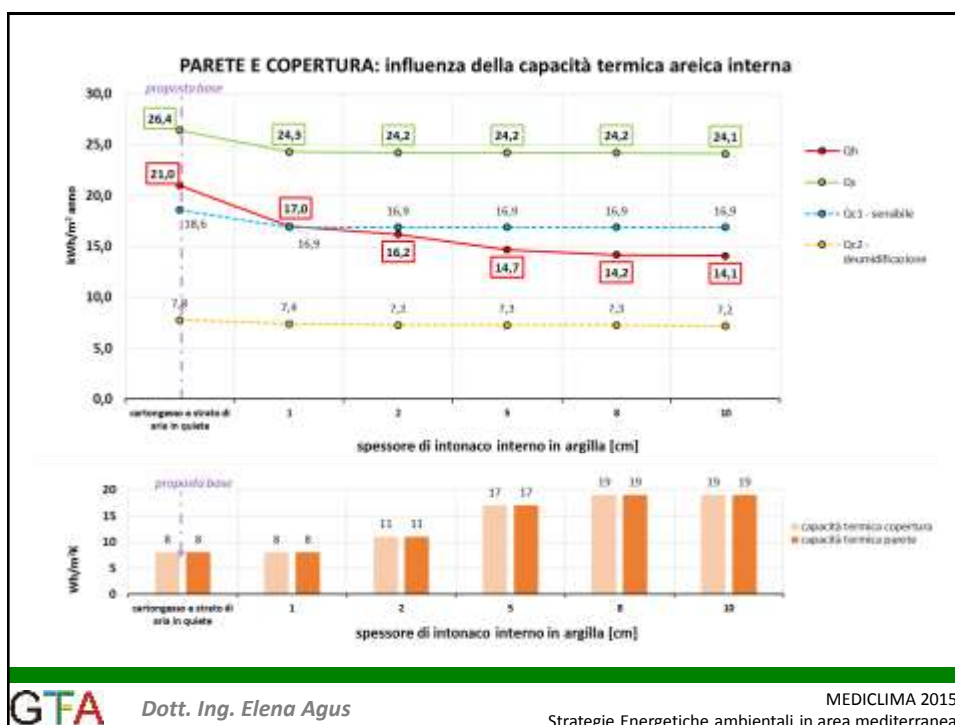






GTA

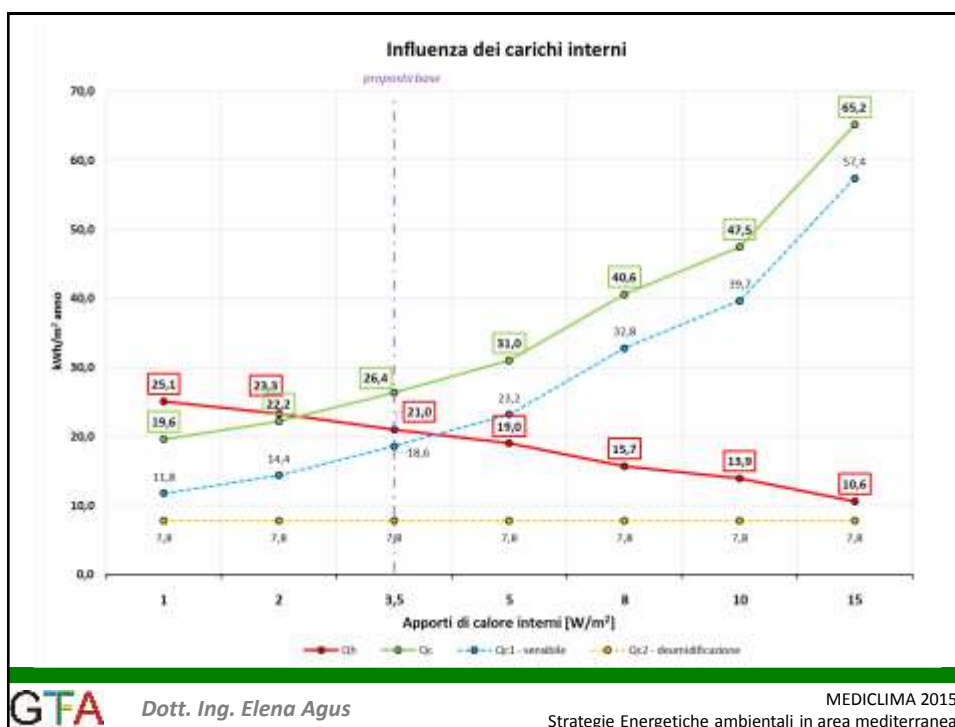
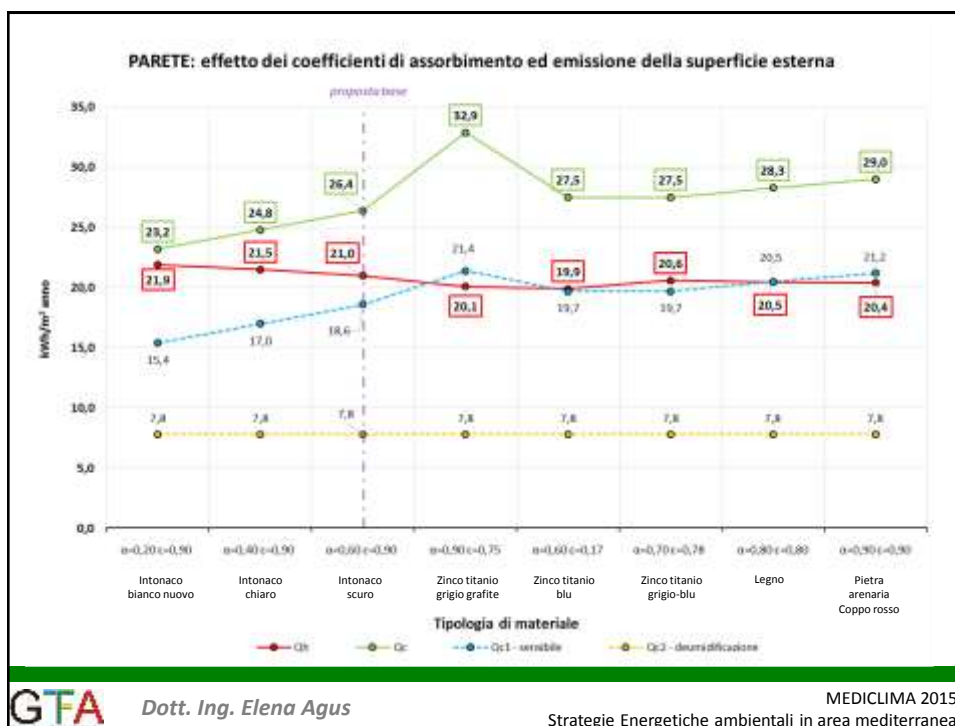
Dott. Ing. Elena Agus

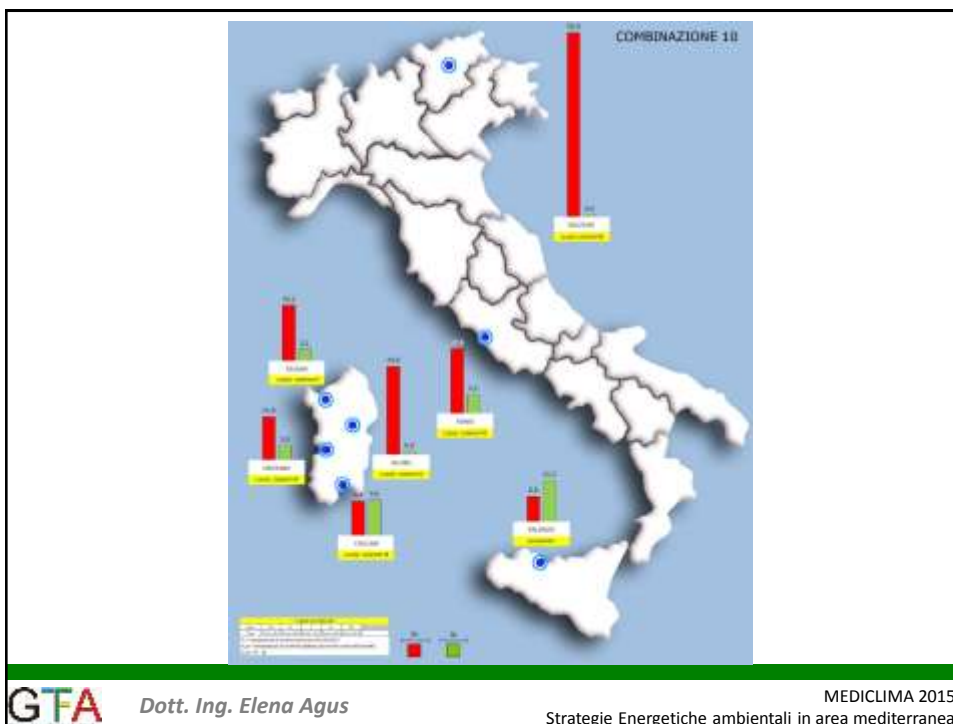
MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea

GTA

Dott. Ing. Elena Agus

MEDICLIMA 2015  
Strategie Energetiche ambientali in area mediterranea





*Grazie per l'attenzione*

Ing. Elena Agus  
elena.agus@tiscali.it